

Rec'd PCT/A 19 MAY 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Juni 2004 (10.06.2004)

PCT

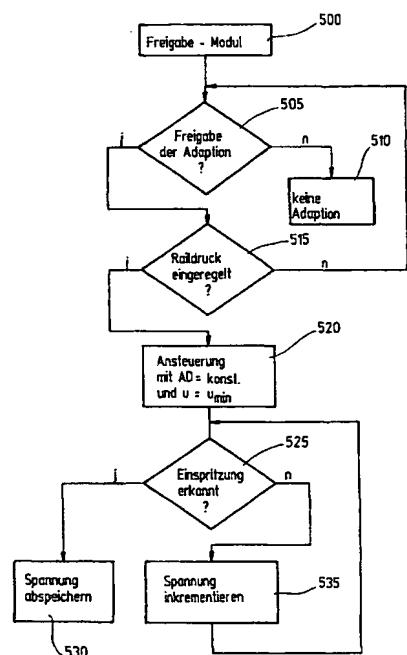
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/048763 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02D 41/20,
41/24
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003647
- (22) Internationales Anmeldedatum:
4. November 2003 (04.11.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102 54 844.7 25. November 2002 (25.11.2002) DE
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): RUEGER, Johannes-Joerg [DE/AT]; Trauttmansdorffgasse 19/1, 1130 Wien (AT). SCHULZ, Udo [DE/DE]; Kornblumenweg 34, 71665 Vaihingen/Enz (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, JP, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPERATING AN INJECTION SYSTEM IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETRIEB EINES EINSPRITZSYSTEMS EINER BRENNKRAFTMASCHINE



- 500... ENABLING MODULE
 505... ENABLE ADJUSTMENT?
 510... NO ADJUSTMENT
 515... RAIL PRESSURE SET?
 520... TRIGGERING AT AD=CONSTANT AND U=U_{MIN}
 525... INJECTION DETECTED?
 530... STORE VOLTAGE
 535... INCREMENT VOLTAGE
 J... YES
 N... NO

(57) Abstract: Disclosed are a method and a device for operating an injection system in an internal combustion engine (10), according to which an injection actuator (104) is triggered (215) based on at least one state variable of an injection system. In order to increase the accuracy of the quantity of fuel that is apportioned, the at least one state variable is detected and is temporarily stored, the at least one injection actuator (104) is triggered (520) by means of a triggering pulse that lasts a given period of time and has a given output amplitude, the injection is detected (525) when the at least one injection actuator (104) is triggered (520), the amplitude of the triggering pulse is incremented (535) in predefined steps lasting said given period of time until an injection is detected (525), and the amplitude of the triggering pulse causing the injection is permanently stored (530) as a function of the detected state variable in case an injection is detected and is used as a basis for triggering the at least one injection actuator during future operation of the injection system.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Betrieb eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine (10), wobei eine Ansteuerung (215) eines Einspritzaktors (104) anhand wenigstens einer ZustandsgröÙe des Einspritzsystems durchgeführt wird, ist zur Erhöhung der Mengengenauigkeit an zugemessenem Kraftstoff vorgesehen, dass die wenigstens eine Zustandsgröße erfasst und zwischengespeichert wird, dass der wenigstens eine Einspritzaktor (104) mit einem Ansteuerimpuls vorgebbarer Impulsdauer und vorgebbarer Ausgangsimpulshöhe angesteuert wird (520), dass bei der Ansteuerung (520) des wenigstens einen Einspritzaktors (104) eine Einspritzerkennung durchgeführt wird (525), dass die Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer so lange inkrementiert wird (535), bis eine Einspritzung erkannt wird (525), und dass im Falle einer erkannten Einspritzung die Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße dauerhaft abgespeichert (530) und im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt wird.

WO 2004/048763 A1



- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren und Vorrichtung zum Betrieb eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betrieb eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine gemäß den Oberbegriffen der jeweiligen unabhängigen Ansprüche.

Ein hier betroffenes Hochdruck-Einspritzsystem sowie ein mit einem Piezo-Aktor als Einspritzaktor ausgestattetes Einspritzventil (Injektor) gehen aus der DE 100 32 022 A1 und der DE 100 02 270 C1 hervor. Ein solches Einspritzventil dient zur fein regulierbaren Kraftstoffzumessung in den Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine.

In einem solchen Einspritzventil dient der Piezo-Aktor zur Steuerung der Bewegung einer Düsenadel des Einspritzventils, wobei entweder die Düsenadel selbst oder ein die Bewegung der Düsenadel steuerndes Steuerventil angesteuert wird.

Zur exakten Zumessung von Kraftstoff in den Verbrennungsraum ist eine möglichst genaue Kenntnis des Hubes des Piezo-Aktors bzw. der Düsenadel im Zusammenspiel mit dem Steuerventil erforderlich. Wie aus der Fig. 1 zu ersehen, wird bei den in der DE 100 02 270 C1 beschriebenen Piezo-Common-Rail(PCR)-Systemen über den Piezo-Aktor

und einen zwischengeschalteten hydraulischen Koppler das Steuerventil betätigt, welches wiederum durch Modulation des Druckes in einem sogenannten Steuerraum die Düsenadelbewegung steuert.

Die für eine bestimmte Einspritzmenge erforderliche, impulsförmige Ansteuerspannung dieser Piezo-Aktoren ist bekanntermaßen von Zustandsgrößen des Einspritzsystems wie bspw. den in einem Common-Rail momentan herrschenden Raildruck oder der Temperatur des Piezo-Aktors abhängig. Daher muß zur Ermöglichung kleinster Einspritzmengen eine entsprechende Adaption der Ansteuerspannung erfolgen. Die genannte Abhängigkeit vom Raildruck ergibt sich aus der vorgenannten Funktionsweise des Einspritzventils und die genannte Temperaturabhängigkeit aus dem mit der Temperatur veränderlichen Hub des Piezo-Aktors. Die Auswirkung auf die Einspritzmenge ergibt sich durch den unterschiedlichen realen Ansteuerbeginn bzw. das Ansteuerende bei variierendem Aktorhub oder variierendem hydraulischen und mechanischen Betriebsparametern.

Zu den genannten Zustandsgrößen hinzu kommen Exemplarstreuungen insbesondere des Aktorhubs und Streuungen bei der Funktion des hydraulischen Kopplers, beim Steuerventilsitz, o.ä.

Die genannten Effekte werden im Stand der Technik im Rahmen einer stationär durchgeföhrten ‚worst-case‘-Betrachtung berücksichtigt, d.h. sie können nicht bei einer im Betrieb der Brennkraftmaschine erfolgenden Ansteuerung berücksichtigt werden. Daher wird nicht ermöglicht, die Genauigkeit der Einspritzmengen im Betrieb noch weiter zu verbessern. Gerade im Hinblick auf zukünftig einzuhaltende Abgasnormen wird dies nachteilig sein.

Aus der DE 39 29 747 A1 geht ferner ein Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems mit einer Hochdruckkraftstoffpumpe hervor, wobei die in die jeweiligen Verbrennungsräume der Brennkraftmaschine einzuspritzende Kraftstoffmenge mittels Magnetventilen gesteuert wird. Fertigungs- und altersbedingte Streuungen in der eingespritzten Kraftstoffmenge in die einzelnen Verbrennungsräume bewirken, dass bei gleichem Ansteuersignal unterschiedliche Kraftstoffmengen zugeführt werden, was

insbesondere bei in Voreinspritzungen eingespritzten Kleinstmengen zu erheblichen Mengenfehlern führen. Zur Vermeidung dieser Streuungen wird in bestimmten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine die Impulsdauer der Ansteuerimpulse des Magnetventils, bei der gerade eine Voreinspritzung einsetzt, ermittelt. Ausgehend von der so ermittelten Dauer der Ansteuerimpulse werden Abgleichsignale für die Ansteuerimpulse gebildet und dauerhaft abgespeichert.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass durch Adaption der Ansteuerspannung von Einspritzaktoren, beispielsweise Piezo-Aktoren, eines Einspritzsystems die Mengengenauigkeit an zugemessenem Kraftstoff, insbesondere auch im Betrieb der Brennkraftmaschine bzw. eines zugundeliegenden Kraftfahrzeuges, erhöht wird.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines Einspritzsystems, beispielsweise eines Common-Rail- oder eines Pumpe-Düse-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem mittels Ansteuerimpulsen steuerbaren Einspritzaktor, wobei die Ansteuerung des Einspritzaktors von wenigstens einer Zustandsgröße des Einspritzsystems abhängig ist, wird zunächst die wenigstens eine Zustandsgröße erfasst und zwischengespeichert. Danach wird wenigstens einer der Einspritzaktoren mit einem Ansteuerimpuls vorgebbarer Impulsdauer und vorgebbarer Ausgangsimpulshöhe angesteuert und währenddessen eine Einspritzerkennung durchgeführt. Im Falle, dass zunächst keine Einspritzung erkannt wird, wird die Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer so lange inkrementiert, bis eine Einspritzung erkannt wird. Im Falle einer erkannten Einspritzung wird die Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße dauerhaft abgespeichert und im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber dem Stand der Technik besteht darin, dass die für jeden einzelnen Einspritzaktor bzw. Injektor bei der jeweiligen Betriebsbedingung des Einspritzsystems, bspw. dem momentan herrschenden Raildruck und der Temperatur des Einspritzaktors bzw. Injektors, erforderliche Ansteuerspannung im Betrieb der Brennkraftmaschine bzw. des zugrundeliegenden Kraftfahrzeuges an den aktuell vorliegenden Betriebszustand adaptiert wird. Die genannte Zustandsgröße des Einspritzsystems umfasst vorliegend auch Betriebsgrößen des Einspritzaktors selbst, welche insbesondere von Exemplarstreuungen bei dessen Herstellung herrühren.

Bei der Erfindung liegt insbesondere der an sich bekannte Effekt zugrunde, dass bei den hier betroffenen Einspritzventilen bzw. Einspritzaktoren eine minimale, raildruck-abhängige Ansteuerspannung erforderlich ist, um eine wirksame Einspritzung zu realisieren. Wird der Einspritzaktor allerdings mit einer geringeren Spannung beaufschlagt, so reicht die dadurch erzeugte Kraft nicht aus, um das Steuerventil gegen den Raildruck zu öffnen.

Der Erfindung liegt auch die Erkenntnis zugrunde, dass bei sukzessiver Erhöhung der Ansteuerspannung eine Einspritzung instantan einsetzt, sobald die Ansteuerspannung ausreichend groß ist. D.h. es existiert eine scharfe Trennung hinsichtlich der Systemreaktion bzgl. einer zu kleinen/ausreichenden Ansteuerspannung. Das vorgeschlagene Verfahren macht sich diese Eigenschaft zu Nutze, indem die im Betrieb der Brennkraftmaschine adaptierten Werte der Ansteuerspannung U_{erf} dazu verwendet werden, Kennlinie(n), Kennfelder oder Tabellen insbesondere der Wertepaare $U_{erf}(p_{rail})$ und/oder $U_{erf}(T_{Aktor})$ mit großer Präzision unter realen Betriebsbedingungen zu ermitteln.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Ansteuerspannung ohne zusätzlichen sensorischen Aufwand an sich ändernde Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine, insbesondere sich ändernde Zustandsgrößen des Einspritzsystems, adaptiert werden kann, womit sich im Ergebnis eine gegenüber dem Stand der Technik noch präzisere Kraftstoffzumessung ergibt.

Das Verfahren ermöglicht eine für jedes Einspritzventil bzw. Injektor spezifische und für jeden Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine individuelle Adaption der jeweiligen elektrischen Ansteuerspannung bei der Zumessung von Kraftstoff.

Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung insbesondere zur Ausführung des vorgenannten Verfahrens, welche erste Mittel zur Erfassung der wenigstens einen Zustandsgröße und zur Zwischenspeicherung einer etwa erfassten Zustandsgröße, zweite Mittel zur Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors mit einem Ansteuerimpuls vorgebbarer Impulsdauer und vorgebbarer Ausgangsimpulshöhe, dritte Mittel zur Durchführung einer Einspritzerkennung bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors, vierte Mittel zur Inkrementierung der Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer, sowie fünfte Mittel zur dauerhaften Abspeicherung der Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße im Falle einer erkannten Einspritzung aufweist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele und unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch eingehender erläutert, aus denen weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung hervorgehen.

Im Einzelnen zeigen

- Fig. 1 ein vereinfachtes Blockschaltbild eines Einspritzsystems gemäß dem Stand der Technik;
- Fig. 2 eine schematische, ausschnittweise Darstellung eines im Stand der Technik bekannten Kraftstoffeinspritzventils für Brennkraftmaschinen im Längsschnitt;
- Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Einrichtung zum Betrieb eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 4 exemplarische Ansteuerimpulse zur Illustration der Ansteuerung eines Einspritzaktors gemäß der Erfindung; und

Fig. 5 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Prozedur zur Ansteuerung eines Einspritzaktors anhand eines Flussdiagrammes.

Die Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Kraftstoffeinspritzsystems einer selbstdürenden Brennkraftmaschine gemäß dem Stand der Technik (DE 39 29 747 A1). Die hier nur schematisch dargestellte Brennkraftmaschine 10 erhält von einer Einspritzeinheit 30 eine bestimmte Kraftstoffmenge zugemessen. Der momentane Betriebszustand der Brennkraftmaschine 10 wird mittels Sensoren 40 erfasst und die so erfassten Messwerte 15 an ein Steuergerät 20 übermittelt. Diese Messwerte umfassen bspw. die Drehzahl und die Temperatur der Brennkraftmaschine sowie den tatsächlichen Einspritzbeginn und evtl. noch weitere Größen 25, die den Betriebszustand der Brennkraftmaschine charakterisieren, wie bspw. die Stellung eines Fahrpedals 25 oder der Umgebungsluftdruck. Das Steuergerät 20 berechnet anhand der Messwerte 15 und der weiteren Größen 25 entsprechend der vom Fahrer gewünschten Kraftstoffmenge Ansteuerimpulse 35, mit denen ein mengenbestimmendes Glied der Einspritzeinheit 30 beaufschlagt wird. Als mengenbestimmendes Glied dient dort ein Magnetventil, welches so angeordnet ist, dass durch die Öffnungsduauer bzw. die Schließdauer des Magnetventils die einzuspritzende Kraftstoffmenge festgelegt wird. Allerdings ist anzumerken, dass anstelle von Magnetventilen auch andere elektrisch steuerbare Einspritzventile mit bspw. Piezo-Aktoren angeordnet sein können. Das nachfolgend beschriebene Verfahren ist davon jedoch unberührt.

Das (nicht gezeigte) Magnetventil ist insoweit nachteilig, als sich bei identischem Ansteuerimpuls unterschiedliche Schließzeiten ergeben können und daher bei gleicher Zeitspanne des Ansteuerimpulses und sonst gleichen Betriebsparametern unterschiedliche Kraftstoffmengen eingespritzt werden. Da die Ansteuerimpulse insbesondere bei Voreinspritzungen üblicherweise sehr kurz sind, kann nun der Fall eintreten, dass bei einzelnen Magnetventilen keine Voreinspritzung erfolgt oder die Voreinspritzung so stark wird, dass sich die Abgaswerte der Brennkraftmaschine verschlechtern.

In der Fig. 2 ist ein im Stand der Technik (DE 100 02 270 C1) bekanntes, piezoelektrisch steuerbares Einspritzventil 101 in einer Schnittzeichnung dargestellt. Das Ventil 101 weist einen piezoelektrischen Aktor 104 zur Betätigung eines in einer Bohrung 113 eines Ventilkörpers 107 axial verschiebbaren Ventilglieds 103 auf. Das Ventil 101 weist ferner einen an den piezoelektrischen Aktor 104 angrenzenden Stellkolben 109 sowie einen an ein Ventilschließglied 115 angrenzenden Betätigungs Kolben 114 auf. Zwischen den Kolben 109, 114 ist eine als hydraulische Übersetzung arbeitende Hydraulikkammer 116 angeordnet. Das Ventilschließglied 115 wirkt mit wenigstens einem Ventilsitz 118, 119 zusammen und trennt einen Niederdruckbereich 120 von einem Hochdruckbereich 121. Eine nur schematisch angedeutete elektrische Steuereinheit 112 liefert die Ansteuerspannung für den piezoelektrischen Aktor 104 in Abhängigkeit insbesondere des Druckniveaus im Hochdruckbereich 121.

Die in der Fig. 3 gezeigte Einrichtung zum Betrieb eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine umfasst ein sogenanntes Freigabemodul 200, welches in dem Ausführungsbeispiel mittels eines von einem nicht gezeigten Steuergerät bereitgestellten Schub-Bits 205 freischaltbar ist. Dadurch ist gewährleistet, dass die erfindungsgemäße Prozedur ausschließlich im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine durchgeführt wird. Mögliche weitere Eingangsgrößen des Freigabemoduls sind der momentane Raildruck und/oder die momentane Temperatur des Piezo-Aktors. Mittels dieser weiteren Größen kann erreicht werden, dass die Prozedur nur bei Vorliegen eines stationären Betriebszustandes des Einspritzsystems durchgeführt wird, wodurch die Genauigkeit der letztlich zu ermittelnden Ansteuerspannung wesentlich erhöht werden kann. Um den Raildruck während der Ausführung der Prozedur möglichst konstant zu halten, ist ferner eine Raildruck-Regelung 210 angeordnet, deren Betrieb durch das Freigabemodul 200 getriggert wird. Entsprechend getriggert wird auch ein Funktionsmodul 215 zur erfindungsgemäßen Ansteuerung der Einspritzaktoren und nachfolgenden Adaption der Ansteuersignale. Ein weiteres Eingangssignal 220 des zuletzt genannten Funktionsmoduls 215 wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel von einem Drehzahlsignal-Auswertemodul 225 bereitgestellt, welches anhand eines vom Steuergerät bereitgestellten Drehzahlsignals eine Einspritzerkennung durchführt.

In der Fig. 4 sind typische Ansteuerspannungsimpulse dargestellt, um die schrittweise Erhöhung der Ansteuerspannung bei konstanter Ansteuerdauer zu verdeutlichen. Der erste Spannungsimpuls 400 unterscheidet sich von dem zweiten Spannungsimpuls 405 nur durch das gezeigte Spannungsinkrement ΔU_1 , wobei die gezeigte mittlere Impulsdauer Δt_1 bei beiden Spannungsimpulsen übereinstimmt.

Bei dem in der Fig. 5 gezeigten bevorzugten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Prozedur wird angenommen, dass eine Ansteuerung eines einzelnen Einspritzaktors bzw. Injektors vorgenommen wird. Zusätzlich wird angenommen, dass die nachfolgenden Schritte mittels des bereits genannten Freigabemoduls 500 ausschließlich im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine ausgeführt werden.

Im gezeigten Schritt 505 wird zunächst geprüft, ob eine Freigabe zur Adaption der Ansteuerspannung der Einspritzaktoren erfolgt ist. Ist diese Freigabe nicht erfolgt, wird die Adaption nicht durchgeführt 510. Wird die Adaption freigegeben, wird im nachfolgenden Schritt 515 geprüft, ob der Raildruck mittels der genannten Raildruck-Regelung 210 bereits auf einen innerhalb vorgebbarer Schranken liegenden Wert eingeregelt ist. Ist die Einregelung noch nicht abgeschlossen, wird zu Schritt 505 zurückgesprungen. Andernfalls erfolgt eine Ansteuerung 520 eines einzelnen Einspritzventils bzw. Injektors vorgenommen und dessen Piezo-Aktor zunächst mit einer Spannung U_{\min} beaufschlagt, welche so gewählt ist, dass in dem Injektor noch keine Einspritzung erfolgt. D.h. die Höhe der Spannung U_{\min} ist so bemessen, dass sie noch nicht ausreicht, um bei dem im Rail vorherrschenden Raildruck das Steuerventil zu öffnen und eine Einspritzung zu bewirken. Die genannte Ansteuerung 520 erfolgt dabei mit einer vorgegebenen festen Ansteuerdauer $AD = \text{const.}$

Während der beschriebenen und der nachfolgenden Ansteuerungen wird jeweils die Systemreaktion, d.h. das Erfolgen einer Einspritzung in den dem angesteuerten Injektor zugeordneten Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine, überwacht 525. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel erfolgt dies mittels des bereits genannten Drehzahlsignalauswertemoduls 225. Wird eine Einspritzung erkannt, wird die dafür ursächliche Ansteuerspannung U_{erf} zusammen mit dem aktuell vorliegenden Wert des Raildrucks dauerhaft abgespeichert 530. Im Falle jedoch, dass keine Einspritzung erkannt

wird, wird die Ansteuerspannung solange schrittweise inkrementiert 535 und danach jeweils das Drehzahlsignal überwacht, bis eine momentenbildende und damit drehzahlerhöhende Einspritzung erkannt wird 525. Die dann zugrundeliegende Ansteuerspannung U_{erf} wird zusammen mit dem Raildruckwert entsprechend abgespeichert 530.

Die in der Fig. 5 gezeigte Prozedur wird in dem Ausführungsbeispiel bei unterschiedlichen Raildrücken ausgeführt und dadurch die Erfassung einer Kennlinie $U_{erf}(p_{Rail})$ ermöglicht. Die Feinheit der vorbeschriebenen Inkremente der Ansteuerspannung bestimmt wesentlich die erreichbare Streuung der ermittelten Kennlinienwerte und damit letztlich die maximal erreichbare Präzision bei der Kraftstoffzumessung. Die so ermittelten Werte der Ansteuerspannung stellen jeweils Mindestspannungen dar, welche bei dem aktuellen Raildruck zu einer Aktorbewegung und damit zu einer mittelbar messbaren Einspritzung führen.

Die vorbeschriebene Prozedur kann ferner bei allen Verbrennungsräumen (Zylindern) der Brennkraftmaschine angewendet werden. Dabei kann es erforderlich sein, den Raildruck im Schubbetrieb auf einen Wert zu regeln, der vom üblicherweise in dem betreffenden Betriebspunkt der Brennkraftmaschine herrschenden Raildruck abweicht. Demzufolge wird auch der erreichbare Raildruckbereich nach oben hin begrenzt sein, so dass die Adaption nur innerhalb eines begrenzten Raildruckbereiches durchgeführt werden kann, und eine Extrapolation für den übrigen Raildruckbereich erfolgen muss.

In einem anderen Ausführungsbeispiel wird der jeweils ermittelte Wert der Ansteuerspannung mit vorab empirisch festgelegten Sollspannungswerten verglichen und aus der ggf. sich ergebenden Differenz ein Korrekturwert bestimmt.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel erfolgt die Ablage der ermittelten Werte der Ansteuerspannung in der Kennlinie gefiltert. Wenn bspw. der Raildruck den bei der Kennlinie zugrundegelegten, gerade aktiven Druckbereich verlässt, wird der jeweils neu adaptierte Wert der Ansteuerspannung vor der Ablage mit dem alten Spannungswert gefiltert, insbesondere mit diesem gewichtet, womit der Einfluss von Messstörungen bei der Erstellung der Kennlinie verringert wird.

Wie bereits erläutert, erfolgt die genannte Einspritzerkennung mittelbar anhand von Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine. Auf die dabei zugrunde gelegte Betriebskenngröße kommt es allerdings nicht an. Eine bevorzugte Betriebskenngröße ist, wie vorbeschrieben, die Drehzahl bzw. der Wert eines von der Brennkraftmaschine bzw. einem entsprechenden Motorsteuergerät bereitgestellten Drehzahlsignals. Daneben kommen andere im Steuergerät bereits vorliegende Größen wie bspw. das von einem Brennraumdrucksensor bereitgestellte Drucksignal, das von einem im Verbrennungsraum angeordneten Klopfsensor bereitgestellte Klopfsignal oder das von einem Ionenstromsensor bereitgestellt Ionenstromsignal in Betracht.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die Größe der bei dem beschriebenen Verfahren fest vorgegebenen Ansteuerdauer so gewählt, dass bei dem aktuellen Raildruck maximal eine Einspritzmenge realisiert wird, die für den Fahrer des zugrundeliegenden Fahrzeuges nicht spürbar ist, so dass sich durch die vorbeschriebene Adoptionsprozedur keine Komforteinbuße einstellt.

Es ist anzumerken, dass die vorbeschriebene Kennlinie $U_{erf}(p_{Rail})$ nur beispielhaft ist und andere Kenngrößenpaare wie bspw. die Ansteuerspannung $,U_{erf}$ über der Aktortemperatur $,T_{Piezo-Aktor}$ zugrundegelegt werden können. Zudem wird das vorbeschriebene Einspritzsystem mit einem piezoelektrisch gesteuerten Einspritzaktor nur als Ausführungsbeispiel verstanden und kann bspw. auch magnetisch gesteuerte Aktoren oder dgl. umfassen.

Das vorbeschriebene Verfahren ist in einem in der Fig. 1 gezeigten Steuergerät in Form einer Programmroutine oder in Form von separaten Steuerungselementen einer entsprechenden Vorrichtung implementierbar. Die programmtechnischen Details einer solchen Implementierung sind dem einschlägigen Fachmann in Kenntnis des Vorstehenden geläufig und werden daher hier nicht näher erläutert.

Das vorbeschriebene Verfahren und die Vorrichtung wurden am Beispiel eines Common-Rail-Einspritzsystems erläutert. Die Erfindung ist aber nicht auf Common-Rail-

Einspritzsysteme beschränkt, sondern kann auch bei anderen Hochdruck-Einspritzsystemen, beispielsweise bei Pumpe-Düse-Systemen Anwendung finden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine (10) mit wenigstens einem mittels Ansteuerimpulsen steuerbaren Einspritzaktor (104), wobei die Ansteuerung (215) des Einspritzaktors (104) anhand wenigstens einer Zustandsgröße des Einspritzsystems durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Zustandsgröße erfasst und zwischengespeichert wird, dass der wenigstens eine Einspritzaktor (104) mit einem Ansteuerimpuls vorgebbarer Impulsdauer und vorgebbarer Ausgangsimpulshöhe angesteuert wird (520), dass bei der Ansteuerung (520) des wenigstens einen Einspritzaktors (104) eine Einspritzerkennung durchgeführt wird (525), dass die Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer so lange inkrementiert wird (535), bis eine Einspritzung erkannt wird (525), und dass im Falle einer erkannten Einspritzung die Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße dauerhaft abgespeichert (530) und im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße des Einspritzsystems nur dann dauerhaft abgespeichert wird, wenn die Zustandsgröße im betrachteten Zeitintervall nur innerhalb einer vorgebbaren Schwankungsbreite variiert (515).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangsimpulshöhe des Ansteuerimpulses so gewählt wird (400), dass bei dem momentanen Wert der Zustandsgröße noch keine Einspritzung erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Schritte bei wenigstens zwei unterschiedlichen Werten der Zustandsgröße durchgeführt werden und die jeweils sich ergebende Impulshöhe

des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion des jeweiligen Wertes der Zustandsgröße in eine Tabelle, ein Kennfeld oder eine Kennlinie dauerhaft abgespeichert wird und die Tabelle oder das Kennfeld oder die Kennlinie im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses in Abhängigkeit vom jeweiligen Wert der Zustandsgröße gefiltert oder gewichtet in die Tabelle oder das Kennfeld oder die Kennlinie abgespeichert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zustandsgröße des Einspritzsystems durch den im Einspritzsystem momentan herrschenden Raildruck oder die im Einspritzsystem momentan herrschende Temperatur oder durch Exemplarstreuungen des Einspritzsystems oder seiner Komponenten gebildet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Schritte nur im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine ausgeführt werden (500 - 510).
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einspritzerkennung mittelbar anhand von Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine erfolgt, und zwar bevorzugt anhand eines Drehzahlsignals und/oder eines Brennraumdruckssignals und/oder eines Klopfsignals und/oder eines Ionenstromsignals der Brennkraftmaschine erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Schritte für sämtliche Verbrennungsräume der Brennkraftmaschine zyklisch ausgeführt werden.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Werte der Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden

Ansteuerimpulses mit vorgebbaren Sollwerten verglichen werden und aus einer dabei sich ergebenden Abweichung eine Korrekturgröße bestimmt wird, mittels der das Einspritzsystem zukünftig betrieben wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulsdauer der Ansteuerimpulse so gewählt wird, dass bei dem vorliegenden Wert der Zustandsgröße eine Einspritzmenge realisiert wird, die eine möglichst geringe Einflussnahme auf den Betrieb der Brennkraftmaschine gewährleistet.
12. Vorrichtung zur Steuerung eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine (10), wobei das Einspritzsystem wenigstens einen mittels Ansteuerimpulsen steuerbaren Einspritzaktor (104) aufweist und wobei die Ansteuerung (215) des Einspritzaktors (104) anhand wenigstens einer Zustandsgröße des Einspritzsystems durchgeführt wird, gekennzeichnet durch erste Mittel zur Erfassung der wenigstens einen Zustandsgröße und zur Zwischenspeicherung der erfassten Zustandsgröße, zweite Mittel (520) zur Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors (104) mit einem Ansteuerimpuls vorgebarer Impulsdauer und vorgebarer Ausgangsimpulshöhe, dritte Mittel (525) zur Durchführung einer Einspritzerkennung bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors (104), vierte Mittel (535) zur Inkrementierung der Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer, und fünfte Mittel (530) zur dauerhaften Abspeicherung der Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße im Falle einer erkannten Einspritzung.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die fünften Mittel (530) einen Vergleicher umfassen, mittels dessen geprüft wird, ob die Zustandsgröße im betrachteten Zeitintervall innerhalb einer vorgebbaren Schwankungsbreite variiert, wobei die Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße des Einspritzsystems nur dann dauerhaft abgespeichert wird, wenn der Vergleicher

feststellt, dass die Zustandsgröße im betrachteten Zeitintervall tatsächlich innerhalb der vorgebbaren Schwankungsbreite variiert.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dass die fünften Mittel (530) wenigstens eine Tabelle, ein Kennfeld oder eine Kennlinie zur dauerhaften Abspeicherung der Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße aufweisen, welche im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt wird.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, gekennzeichnet durch sechste Mittel (500 - 510) zur Erkennung eines Schubbetriebs der Brennkraftmaschine.

1 / 4

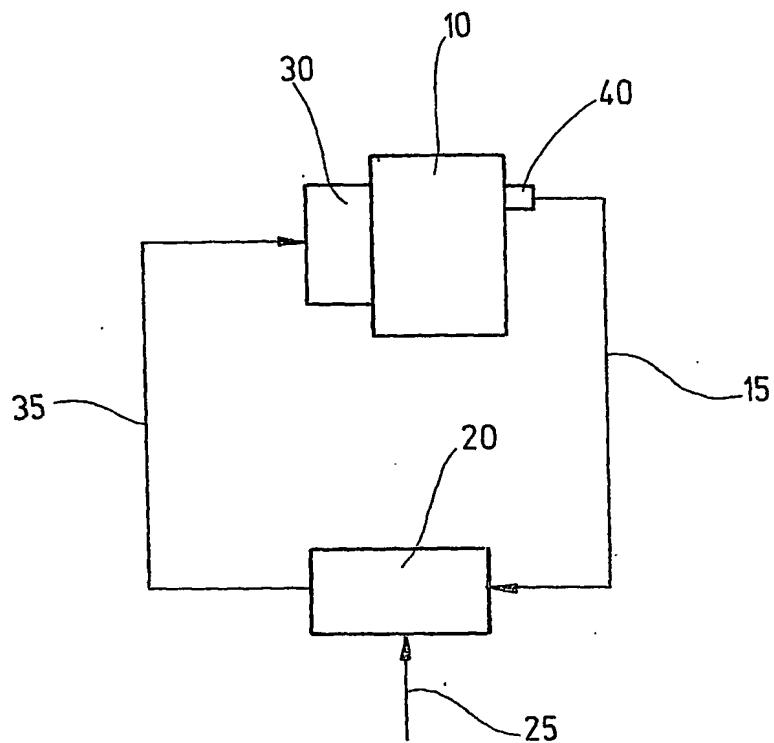


Fig.1

2 / 4

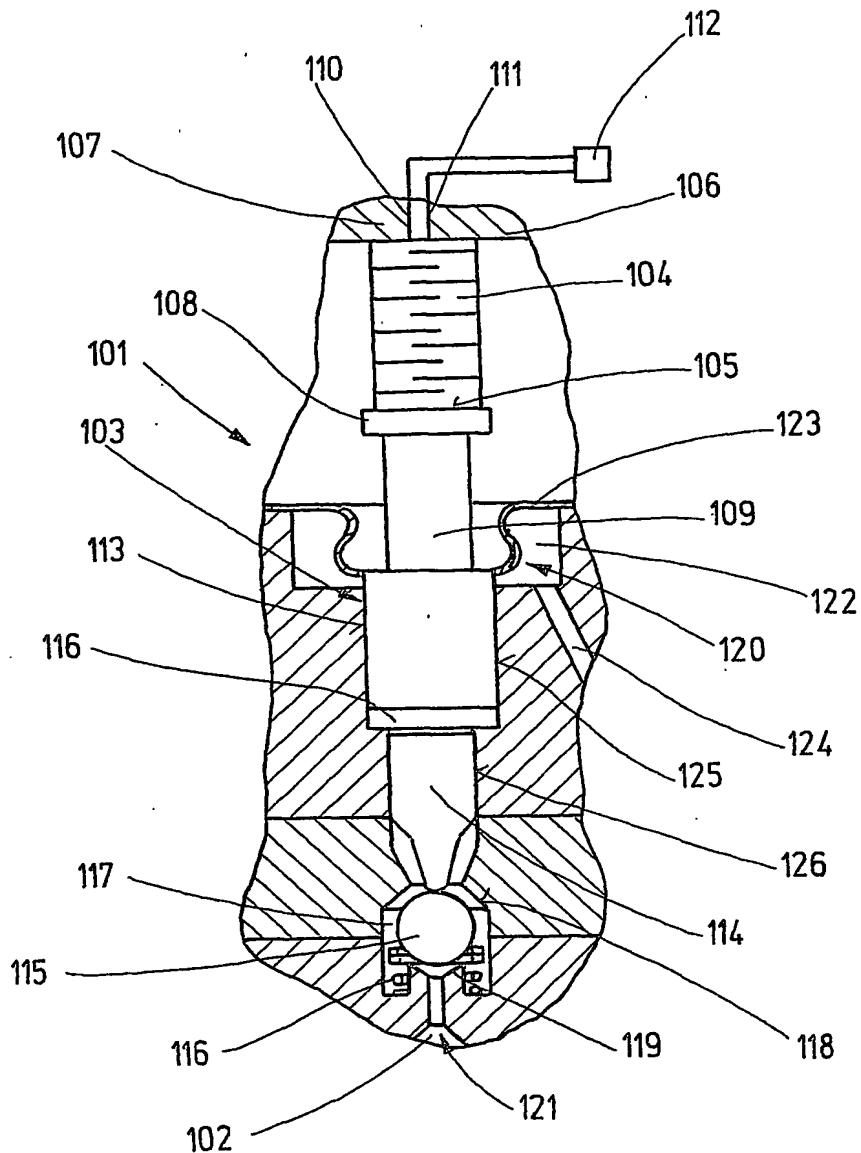


Fig.2

3 / 4

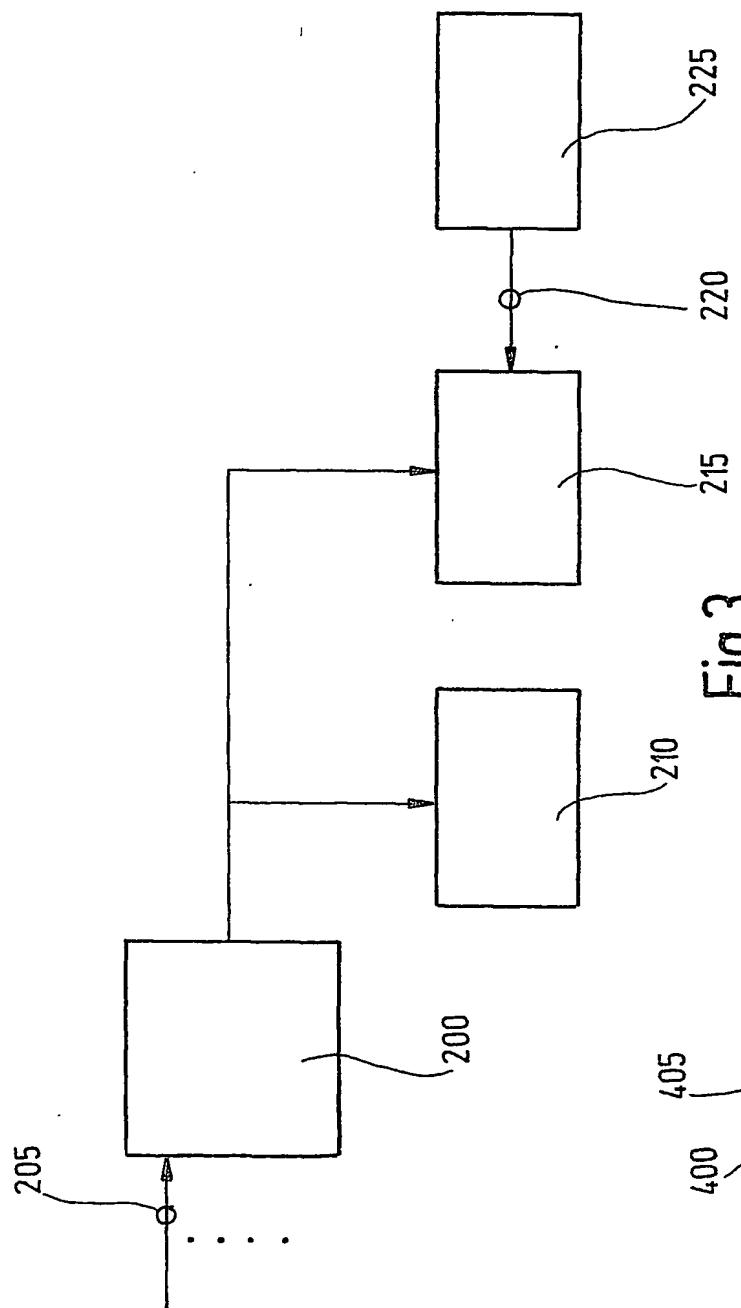
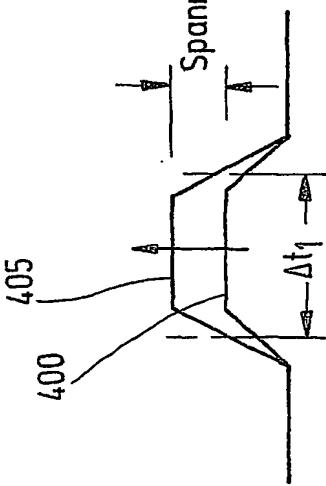


Fig.3

Spannungssinkrement ΔU_1

Fig.4



4 / 4

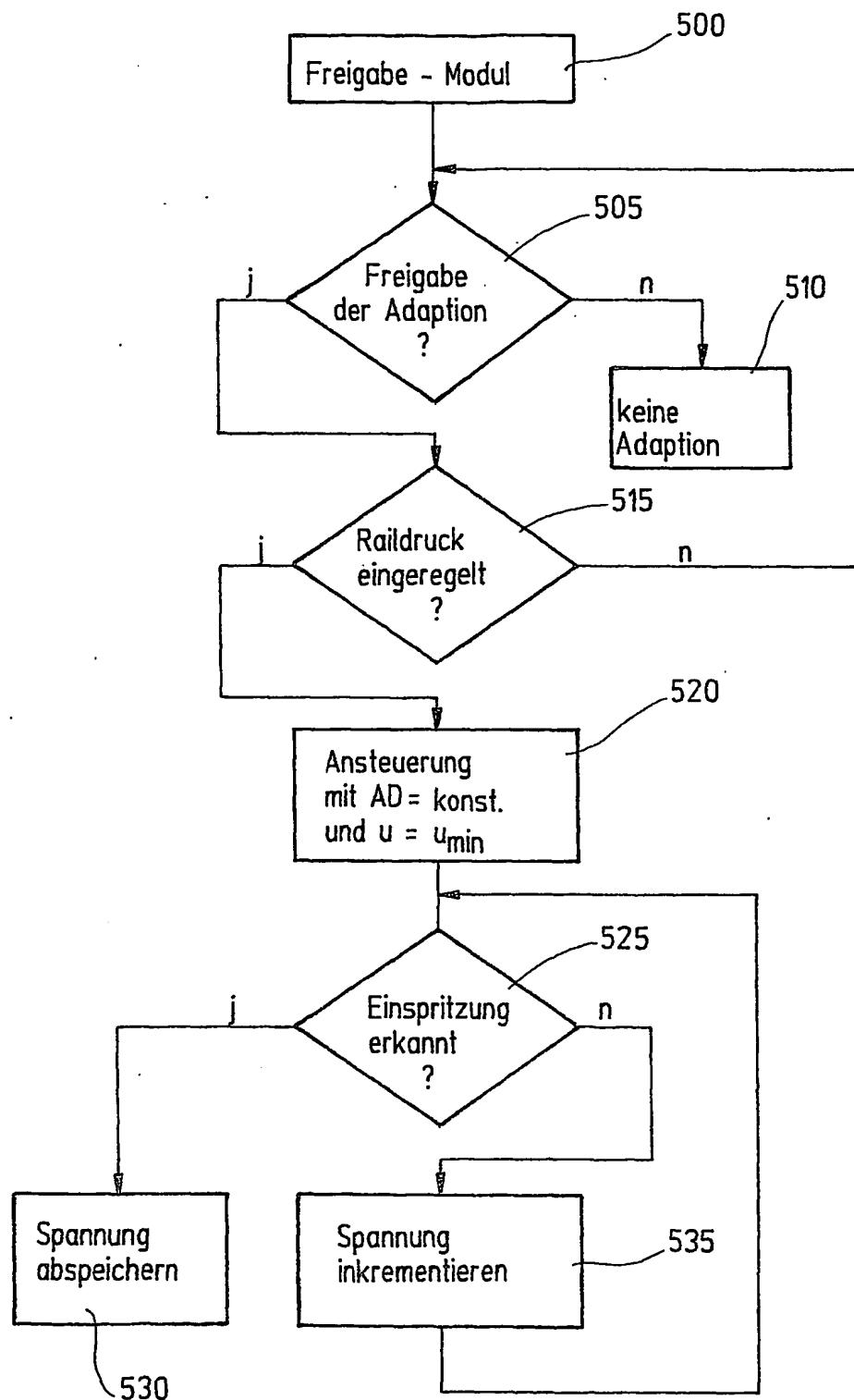


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No
PCT 03/03647

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D41/20 F02D41/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 05 340 A (SIEMENS AG) 10 August 2000 (2000-08-10) abstract; figure 7 column 5, line 19 - line 39 ---	1,12
A	EP 1 138 919 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) abstract; figures 3-5 paragraphs '0005!, '0027!-'0038! ---	1,12
A	DE 39 29 747 A (BOSCH GMBH ROBERT) 14 March 1991 (1991-03-14) cited in the application abstract column 3, line 39 -column 4, line 6 ---	1,12 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the International filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
---	--

19 March 2004

13/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In _____ d Application No
PCT/GB 03/03647

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 100 02 270 C (BOSCH GMBH ROBERT) 28 June 2001 (2001-06-28) cited in the application the whole document -----	1,12
A	DE 100 32 022 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10 January 2002 (2002-01-10) cited in the application the whole document -----	1,12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l application No

PCT/DE 03/03647

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 19905340	A	10-08-2000	DE FR	19905340 A1 2789821 A1	10-08-2000 18-08-2000
EP 1138919	A	04-10-2001	EP	1138919 A1	04-10-2001
DE 3929747	A	14-03-1991	DE DE EP JP JP US	3929747 A1 59000690 D1 0416265 A1 3100350 A 3236915 B2 5070836 A	14-03-1991 11-02-1993 13-03-1991 25-04-1991 10-12-2001 10-12-1991
DE 10002270	C	28-06-2001	DE WO EP	10002270 C1 0153693 A2 1185787 A2	28-06-2001 26-07-2001 13-03-2002
DE 10032022	A	10-01-2002	DE FR GB JP US	10032022 A1 2811016 A1 2364400 A ,B 2002070683 A 2002046734 A1	10-01-2002 04-01-2002 23-01-2002 08-03-2002 25-04-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In Aktenzeichen
PCT/DE 03/03647

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02D41/20 F02D41/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBiete

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 199 05 340 A (SIEMENS AG) 10. August 2000 (2000-08-10) Zusammenfassung; Abbildung 7 Spalte 5, Zeile 19 – Zeile 39 ---	1,12
A	EP 1 138 919 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Zusammenfassung; Abbildungen 3-5 Absätze '0005!,'0027!-'0038! ---	1,12
A	DE 39 29 747 A (BOSCH GMBH ROBERT) 14. März 1991 (1991-03-14) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 39 –Spalte 4, Zeile 6 --/-	1,12

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfunderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfunderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

19. März 2004

13/04/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL – 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax. (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Röttger, K

INTERNATIONALER FORSCHENBERICHT

In	is Aktenzeichen
PCT/DE 03/03647	

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 100 02 270 C (BOSCH GMBH ROBERT) 28. Juni 2001 (2001-06-28) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1,12
A	DE 100 32 022 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10. Januar 2002 (2002-01-10) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1,12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Im Aktenzeichen
PCT/DE 03/03647

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19905340	A	10-08-2000	DE FR	19905340 A1 2789821 A1		10-08-2000 18-08-2000
EP 1138919	A	04-10-2001	EP	1138919 A1		04-10-2001
DE 3929747	A	14-03-1991	DE DE EP JP JP US	3929747 A1 59000690 D1 0416265 A1 3100350 A 3236915 B2 5070836 A		14-03-1991 11-02-1993 13-03-1991 25-04-1991 10-12-2001 10-12-1991
DE 10002270	C	28-06-2001	DE WO EP	10002270 C1 0153693 A2 1185787 A2		28-06-2001 26-07-2001 13-03-2002
DE 10032022	A	10-01-2002	DE FR GB JP US	10032022 A1 2811016 A1 2364400 A ,B 2002070683 A 2002046734 A1		10-01-2002 04-01-2002 23-01-2002 08-03-2002 25-04-2002